

(54) LIGHT AMPLIFIER

(11) 3-235924 (A) (43) 21.10.1991 (19) JP

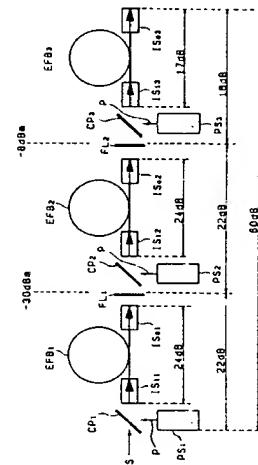
(21) Appl. No. 2-29487 (22) 13.2.1990

(71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) ATSUSHI TAKADA(2)

(51) Int. Cl^s G02F1/35, G02B6/16, H04B10/02

PURPOSE: To suppress gain saturation to signal light by cascading rare earth element added optical fiber amplifiers which amplify input light according to the input of exciting light in ≥ 2 longitudinal arrays, and arranging optical filters which pass only signal light and optical isolators for the forward passage of the signal light between the respective rare earth element added optical fiber amplifiers.

CONSTITUTION: The rare earth element added optical fiber amplifiers 2 which amplify the input light according to the input of the exciting light are cascaded in ≥ 2 longitudinal arrays and the optical filters FL₁ and FL₂ which pass only the signal light and the optical isolators IS₁₁-IS₁₃, and IS₀₁-IS₀₃ for the forward passage of the signal light are arranged between the respective rare earth element added optical fiber amplifiers. Therefore, the influence of unnecessary natural emitted light, etc., which is generated and amplified in a rare earth element added optical fiber can be minimized. Consequently, the saturation of the gain to the signal light is reducible.



P: exciting light, PS₁, PS₂, PS₃: exciting light source, S: signal light

(54) OPTICAL NEURAL COMPUTER

(11) 3-235925 (A) (43) 21.10.1991 (19) JP

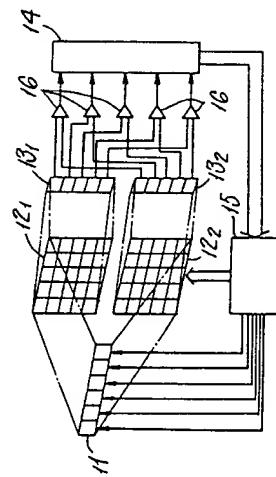
(21) Appl. No. 2-32113 (22) 13.2.1990

(71) RICOH CO LTD (72) HIROYASU MIFUNE

(51) Int. Cl^s. G02F3/00, G06F15/18, G06G7/60

PURPOSE: To attain learning while using matrixes which minimize transmissivity by composing the matrixes of a 1st spatial modulating element with rough gradations and a 2nd spatial modulating element with fine gradations.

CONSTITUTION: The matrixes 12₁ and 12₂ consist of the 1st spatial modulating element 12₁ with coarse gradations and a control plate 12₂ composed of the 2nd spatial modulating element which has fine gradations and generates fine variation in transmissivity. In such a case, a light emitting means 11 receives an input signal to emit light, which is received by the 1st spatial modulating element 12₁ and 2nd spatial modulating element 12₂. The light transmitted through the 1st spatial modulating element 12₁ and 2nd spatial modulating element 12₂ is received by photodetecting elements 13₁ and 12₂ whose output signals are processed by a threshold processing means and inputted to a light emitting means 11. Consequently, the matrixes 12₁ and 12₂ can represent up to fine variation in transmissivity to enable the learning.



(54) OPTICAL LOGIC ELEMENT

(11) 3-235926 (A) (43) 21.10.1991 (19) JP

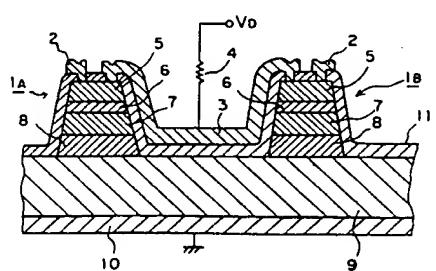
(21) Appl. No. 2-32234 (22) 13.2.1990

(71) MITSUBISHI ELECTRIC CORP (72) KUNIHIKO HARA(2)

(51) Int. Cl^s. G02F3/00, G02F1/35, H03K19/14

PURPOSE: To obtain the optical logic element which generates output light with large ON/OFF ratio and provides amplification by connecting plural optical switch elements, consisting of pnpn structure semiconductors, provided with upper electrode where light is transmitted at the upper parts, by a connecting electrode in parallel and connecting a resistance element to which a driving voltage higher than the switching voltage of the optical switch elements is inputted repeatedly with pulses to the connecting electrode.

CONSTITUTION: The two optical switch elements 1_A and 1_B composed of the pnpn structure semiconductors have the upper electrodes 2 connected through the connecting electrode 3. The connecting electrode 3 is connected to the driving voltage V_D through the resistance element 4. In this case, the optical switch elements 1_A and 1_B turn on when applied with the driving voltage higher than the switching voltage, and the current state is maintained by the memory function of the pnpn structure to enable logical operation such as flip-flop operation. Consequently, the ON/OFF ratio of the output light is large and the optical logic element which provides the optical amplification is obtained.



⑩ 日本国特許庁 (JP) ⑪ 特許出願公開
⑫ 公開特許公報 (A) 平3-235924

⑬ Int. Cl. * 識別記号 廷内整理番号 ⑭ 公開 平成3年(1991)10月21日
G 02 F 1/35 501 7246-2H
G 02 B 6/16 7036-2H
H 04 B 10/02 8523-5K H 04 B 9/00 W
審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑮ 発明の名称 光増幅器

⑯ 特 願 平2-29487
⑰ 出 願 平2(1990)2月13日

⑱ 発明者 高田 篤 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
⑲ 発明者 増田 浩次 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
⑳ 発明者 萩本 和男 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
㉑ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
㉒ 代理人 弁理士 吉田 精孝

明細書

1. 発明の名称

光増幅器

2. 特許請求の範囲

(1) 励起光の入力に基づいて入力光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を2個以上継列に多段接続し、

かつ、各希土類元素添加光ファイバ増幅器間に信号光のみを通過させる光フィルタと、信号光に対して順方向通過の光アイソレータを配置したことと特徴とする光増幅器。

(2) 少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバ増幅器に、希土類元素添加光ファイバの両端の各々に対しても励起光を入射する手段を設けた請求項(1)記載の光増幅器。

(3) 第1段目を除く各段のうち少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバに、出力信号光の一部を取り出し、当該信号光強度が所定強度となるように励起光強度を調整する手段を設けた請求項(1)記載の光増幅器。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、長距離光伝送系や光信号処理において用いられる光増幅器に関するものである。

(従来の技術)

従来、光信号を光のままで直接増幅するために、Nd; YAG等の希土類元素添加結晶または希土類元素添加ファイバ、色素、カラーセンタ結晶、半導体等の活性媒質が用いられていた。

これらの中で、今日、光ファイバ伝送上、重要な波長帯である $1.8\mu m$ 帯や $1.5\mu m$ 帯にて利得を有するのは、InGaAsP系半導体と希土類元素であるエルビウム(Er)やネオジウム(Nd)を添加した結晶またはファイバである。

半導体光増幅器は、電流を注入するのみで広い波長領域に亘り利得を有するが、光ファイバとの接続に損失が避けられないため、実用上の利得として20dB以上を得るのは困難である。また、利得が入射光の偏波に依存するため、適用領域が制限されている。

これに対して、エルビウムやネオジウムの希土類元素を添加した光ファイバ型の光増幅器は、光ファイバ伝送路や他の光ファイバ部品との結合が容易で、かつ、その損失は極めて小さい。そのため、20 dB以上の利得を得ることができる。また、利得が入射光の偏波に依存しないので、光伝送や光信号処理への応用が有望視されている。さらに、ファイバ長を長くとり、励起光を増加させることで、原理的には60 dB程度の利得を得ることも可能と期待されている。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記の光ファイバ型光増幅器では、1本の希土類元素添加光ファイバを用いたいわゆる1段構成であるため、現実には以下に述べる理由により、40 dB以上の利得を得ることは極めて困難な状況にある。

この問題を、第2図を用いて具体的に説明する。

一般に、光ファイバ型光増幅器では、第2図に示すように、信号光Sに図示しない励起光源による励起光Pを合波させ、この合波光を光増幅媒質

としての希土類元素添加光ファイバFBの一端から入射させると（信号光に対する順方向励起）、励起光Pの入射に基づく増幅作用により、信号光Sが所定の利得をもって増幅される。

しかし、実際にはこの信号光増幅と並行して、希土類元素添加光ファイバFB内の各部分で発生する自然放出光を主とする不要な光まで信号光Sにほぼ比例して増幅される。このため、増幅された不要な光（以下、不要自然放出光という）ASEは、希土類元素添加光ファイバFBの端部において反転分布を減少させるのに十分な強度に成長し、信号光Sに対する利得を飽和させる。即ち、これにより、信号光Sに対する利得が抑圧されてしまい、40 dB以上の利得を得るのに支障をきたすことになる。

また、40 dB以上の利得を得ようとする場合、光増幅器を構成するファイバ端面や、光増幅器前後の光部品に存在する残留反射のために、増幅された不要自然放出光ASEに起因する寄生発振が起こり易くなる。

- 3 -

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、信号光に対する利得飽和を抑制できるとともに、寄生発振等の発生を防止でき、安定な60 dB以上の利得を有する光ファイバ型の光増幅器を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するため、請求項(1)では、励起光の入力に基づいて入力光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を2個以上継列に多段接続し、かつ、各希土類元素添加光ファイバ増幅器間に信号光のみを通過させる光フィルタと、信号光に対して順方向通過の光アイソレータを配置した。

また、請求項(2)では、少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバ増幅器に、希土類元素添加光ファイバの両端の各々に対して励起光を入射する手段を設けた。

また、請求項(3)では、第1段目を除く各段のうち少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバに、出力信号光の一部を取り出し、当該信号光

強度が所定強度となるように励起光強度を調整する手段を設けた。

(作用)

請求項(1)によれば、第3図に示すように、第1段目の希土類元素添加光ファイバFB₁に、その一端（入射端）に信号光Sが入射されるとともに、例えば励起光Sも同一端から入射される（順方向励起）。希土類元素添加光ファイバFB₁では、励起光Pの入射に基づく増幅作用によって信号光Sが所定の利得をもって増幅される。また、この信号光Sの増幅と並行して、自然放出光を主とする不要な光も増幅される。

これにより、第1段目の希土類元素添加光ファイバFB₁の他端（出射端）から、増幅された信号光S_Aと、信号光S_Aと同一方向に進行する順方向の不要自然放出光ASE_A並びに励起光Pが出射され、これらの出射光は、光アイソレータIS₁を通過した後、光フィルタFL₁に入射される。

光フィルタFL₁では、励起光P及び不要自然

- 6 -

- 5 -

-202-

放出光A S E_pにおける信号光S_Aの波長帯域と異なる成分の順方向への進行が妨げられる。即ち、信号光S_Aと、この信号光S_Aと同一波長帯域にある強度の低下した不要自然放出光A S E_pのみが第2段目の希土類元素添加光ファイバF B₂の一端に入射される。

第2段目でも、第1段目と同様の作用により、励起光の入力に基づく増幅作用によって信号光S_Aがさらに増幅されるとともに、順方向並びに逆方向の不要自然放出光A S E_p、A S E_sが発生する。

これらの不要自然放出光A S E_p、A S E_sのうち、順方向の不要自然放出光A S E_pは、希土類元素添加光ファイバF B₂を出射した後、光アイソレータI S₂を介して、光フィルタF L₂に入射し、ここで上記と同様に信号光S_Aと同一波長帯域以外の成分が除去され、その強度が低下される。従って、次段（第3段目）の希土類元素添加光ファイバの一端には、増幅された信号光S_Aと強度の低下した不要自然放出光A S E_pが入射

される。

一方、第2段目の希土類元素添加光ファイバF B₂にて発生した逆方向の不要自然放出光A S E_sは、その一端から出射され、光フィルタF L₁を介して光アイソレータI S₂に入射され、その逆方向への進行が妨げられる。即ち、第1段目の希土類元素添加光ファイバF B₁に対する次段で発生した逆方向の不要自然放出光A S E_sの入射が阻止される。

以上と同様の作用が、最終段まで行われるため、不要自然放出光A S Eが大きく成長することがない。従って、不要自然放出光A S Eの強度が反転分布を減少させるまでに至ることがなくなる。このため、不要自然放出光A S Eによる反転分布の誘導放出による減少が最小限に留められる。これにより、各段部において、信号光S_Aに対する利得の飽和がほとんど発生せず、良好な増幅作用を受けた信号光S_Aが、最終段の希土類元素添加光ファイバF B_nから当該光増幅器の出力光として出力される。

- 7 -

また、請求項(2)によれば、少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバに対しては、その両端からそれぞれ励起光が入射され、いわゆる両方向光励起が行われる。

また、請求項(3)によれば、少なくとも最終段の希土類元素添加光ファイバから出力された信号光の一部が取り出され、その強度が検出される。この検出された強度が、所定強度範囲内になれば、この範囲内になるように、励起光強度が調整される。これにより、希土類元素添加光ファイバ増幅器の利得が変化し、所望の強度を有する信号光が outputされる。

（実施例1）

第1図は本発明に係る光増幅器の第1の実施例を示す構成図であって、本実施例では、希土類元素添加光ファイバ増幅器を3段継列接続して光増幅器を構成している。

第1図において、P S₁、P S₂、P S₃は励起光源で、例えば発振波長1.48μmの半導体レーザからなり、強度約60mWの励起光Pを出射す

- 8 -

る。

C P₁、C P₂、C P₃は合波器で、例えば、波長1.551 μmの信号光Sを透過し、波長1.48 μmの励起光Pを反射するダイクロイックミラーから構成され、信号光Sと励起光Pとを合波する。

E F B₁、E F B₂、E F B₃はエルビウム添加光ファイバ（以下、E r添加光ファイバという）で、長さ60mの単一モード光ファイバに希土類元素であるE r（エルビウム）を所定濃度、例えば20ppmをもって添加して構成されており、それぞれ合波器C P₁、C P₂、C P₃を介して入射した光を、これと合波された励起光Pに基づく増幅作用によって増幅する。

I S₁₁、I S₁₂、I S₁₃、I S₀₁、I S₀₂、I S₀₃は光アイソレータで、信号光Sに対して順方向通過となるように、光アイソレータI S₁₁、I S₁₂、I S₁₃はE r添加光ファイバE F B₁、E F B₂、E F B₃の一端（信号光入射端）側にそれぞれ配置され、光アイソレータI S₀₁、I S₀₂、I S₀₃はこれらの他端（信号光出射端）

- 9 -

側にそれぞれ配置されている。

F_{L_1} , F_{L_2} は光バンドバスフィルタ（以下、光フィルタという）で、その透過帯域幅は、例えば 0.1nm (1.2GHz) に設定され、光フィルタ F_{L_1} は光アイソレータ $I S_{o1}$ と合波器 $C P_2$ 間に、光フィルタ F_{L_2} は光アイソレータ $I S_{o2}$ と合波器 $C P_3$ 間にそれぞれ挿入されている。

以上の構成において、励起光源 P_S_1 、合波器 $C P_1$ 、光アイソレータ $I S_{o1}$, $I S_{o2}$ 、 E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ 及び光フィルタ F_{L_1} により第1段目の増幅器が、励起光源 P_S_2 、合波器 $C P_2$ 、光アイソレータ $I S_{o2}$, $I S_{o3}$ 、 E_r 添加光ファイバ $E F B_2$ 及び光フィルタ F_{L_2} により第2段目の増幅器が、励起光源 P_S_3 、合波器 $C P_3$ 、光アイソレータ $I S_{o3}$ 及び E_r 添加光ファイバ $E F B_3$ により第3段（最終段）目の増幅器が構成されている。

次に、上記構成による動作を説明する。

まず、第1段目の増幅器に入力した信号光 S は、合波器 $C P_1$ にて励起光源 P_S_1 による励起光 P

と合波される。この合波光は、先アイソレータ $I S_{o1}$ を通過して E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ にその一端から入射される。

E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ では、入射された合波光のうち励起光 P によって E_r 原子が励起され、これらに基づく利得をもって信号光 S が増幅される。また、この信号光 S の増幅と並行して、 E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ 内の各部で発生する自然放出光を主とする不要な光も増幅される。

これにより、 E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ の他端から増幅された信号光 S と、順方向に進行する不要自然放出光並びに励起光 P が射出される。 E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ からの射出光は、光アイソレータ $I S_{o1}$ を通過して光フィルタ F_{L_1} に入射される。ここで、励起光 P 及び不要自然放出光における信号光波長 ($1.551\mu\text{m}$) 帯域と異なる成分の進行が妨げられ、信号光 S 及び強度が低下された不要自然放出光が第2段目の増幅器の合波器 $C P_2$ に入射され、これらに励起光 P が合波されて、 E_r 添加光ファイバ $E F B_2$ にその一

- 11 -

端から入射される。

一方、 E_r 添加光ファイバ $E F B_1$ の一端からは、増幅された不要自然放出光が射出されるが、この光は、光アイソレータ $I S_{o2}$ にて逆方向への進行が妨げられる。

第2段目においても、上記と同様の動作が行われる。即ち、 E_r 添加光ファイバ $E F B_2$ による逆方向の不要自然放出光は、光アイソレータ $I S_{o2}$ にて逆方向への進行が妨げられる。

一方、 E_r 添加光ファイバ $E F B_2$ による順方向の不安自然放出光は、光フィルタ F_{L_2} にてその強度が低下されて、さらに増幅された信号光 S とともに、第3段目の合波器 $C P_3$ に入射され、これらに励起光 P が合波されて、 E_r 添加光ファイバ $E F B_3$ に、その一端から入射される。

ここでも同様に、 E_r 添加光ファイバ $E F B_3$ による逆方向の不要自然放出光は、光アイソレータ $I S_{o3}$ にて逆方向への不要自然放出光の進行が妨げられる。

このように、当該光増幅器では、順方向の不要

- 12 -

自然放出光の強度を光フィルタ F_{L_1} , F_{L_2} にて低下せしめるとともに、光アイソレータ $I S_{o2}$, $I S_{o3}$ により逆方向の不要自然放出光を除去しているので、不要自然放出光が大きく成長しない。そのため、各段部における不要自然放出光による反転分布の誘導放出による減少が最小限に留められ、信号光 S に対する利得の飽和要因とならない。

従って、第1段目～第3段目までの増幅器において、良好な増幅作用が発現され、第3段目の E_r 添加光ファイバ $E F B_3$ の他端から 6.0dB 以上の利得をもって増幅された信号光 S が当該光増幅器の出力光として出力される。

ここで、第1図の光増幅器の利得について、各段の増幅器単位毎に順を追って考察する。

第1図の構成において、第1段目の増幅器中、光アイソレータ $I S_{o1}$ と $I S_{o2}$ 間の波長 $1.551\mu\text{m}$ の信号光 S に対する利得は、実験によると約 24dB となる。一方、合波器 $C P_1$ としてのダイクロイックミラー及び光フィルタ F_{L_1} の挿入損は約 1dB ずつで（他の合波器 $C P_2$, $C P_3$,

- 13 -

-204-

- 14 -

及び光フィルタ F_L_2 も同様）、合わせて約2 dBである。従って、第1段目全体の利得は22 dBとなる。

また、光フィルタ F_L_1 の透過帯域幅を前述したように0.1nm (12GHz) とすれば、第1段目の増幅器から出射する不要自然放出光の強度を実測値から推定すると約(-)30dBmである。従って、第1段目で発生する不要自然放出光強度が小さいため、これによる第2段目の増幅器の利得飽和はほとんどない。第2段目の増幅器全体の利得は、第1段目と同様に22dBである。

この第2段目の増幅器より出射する不要自然放出光（順方向）の強度は、約(-)8dBm [=(-)30dBm + 22dB] であるため、第3段目の増幅器の光アイソレータ I_S_{13} と I_S_{23} 間の利得は、実験によると約7dB減少し、17dBとなる。これにより、第3段の増幅器全体の利得は、合波器 C_P_3 としてのダイクロイックミラーの挿入損約1dBを含めて16dBとなる。

従って、第1図の光増幅器の全体利得は、第1

段目～第3段目までの各増幅器の利得の総和により求めることができる。即ち、60dB (=22dB + 22dB + 16dB) となる。

このように、第1の実施例によれば、60dBという従来実現できなかった高利得を有する光ファイバ型の光増幅器を実現できる。

(実施例2)

第4図は、本発明に係る光増幅器の第2の実施例を示す構成図である。本第2の実施例では、最終段（第3段目）の増幅器を、いわゆる順方向励起のみではなく、両方向励起を行い、利得向上を図っている。

そのため、第3段目の増幅器における E_r 添加光ファイバ $E_F B_3$ の他端側に、合波器 C_P_1 、 C_P_2 を構成するダイクロイックミラーと同等のダイクロイックミラーからなる合分波器 C_D を配置するとともに、発振波長1.48μmで強度約80mWの励起光 P_x を出射する半導体レーザからなる励起光源 P_S_4 を配置し、励起光 P_x を合分波器 C_D を介して E_r 添加光ファイバ $E_F B_3$ に、

- 15 -

その他端から入射させるように構成している。

このような構成にすることにより、第3段目の増幅器の利得が飽和を起こす出力強度が増加し、3dB飽和出力強度（利得が未飽和から3dB減少するときの出力強度）として、約17dBmを得ることができる。従って、第3段目の利得は、ほとんど飽和せず、光アイソレータ I_S_{13} と E_r 添加光ファイバ $E_F B_3$ の両者における利得は、25dBとなる。これに合波器 C_P_1 と合分波器 C_D との約1dBずつの挿入損を含めて、第3段目の増幅器全体の利得は、23dBとなる。

従って、本実施例による光増幅器全体の利得は、67dB (=22dB + 22dB + 23dB) となる。

このように、本第2の実施例によれば、前記第1の実施例の場合に比べて、さらに出力光強度を高めることができる。

(実施例3)

第5図は、本発明に係る光増幅器の第3の実施例を示す構成図である。

- 16 -

本第3の実施例では、希土類元素添加光ファイバ増幅器を2段継列接続し、第1段目に利得固定の前置増幅器を、第2段（最終段）目に外部信号により利得が制御される利得可変の増幅器を用い、全体として維音指數（入力信号の信号対維音電力比と出力信号の信号対維音電力比との比）が一定で、利得制御が可能な増幅器を構成している。

第5図において、 R_C は光受信回路、 F_C は帰還回路である。

光受信回路 R_C は、光回路または光電気変換素子を含む光-電気回路、具体的には、光双安定回路や光受信器等から構成され、第2段目の増幅器から出力された被増幅信号光 S を受信し所定の処理を施した後（例えば光-電気変換等）、次段の光伝送系に送出するとともに、その一部を分岐させて帰還回路 F_C に出力する。また、この光受信回路 R_C は、光信号電力または光-電気変換した後の電気信号電力が所定の範囲内にある場合において、正常に動作する。

帰還回路 F_C は、光受信回路 R_C からの信号入

- 17 -

-205-

- 18 -

力に伴い、入力信号光の信号電力が光受信回路 R C が正常動作可能な所定の範囲に収まるように、第2段目の増幅器の励起光源 P S₂への流入電流を制御し、第2段目の増幅器の利得を変化させる。

一般に、光増幅器の雑音指数は、光増幅器の反転分布量に大きく依存し、反転分布量が小さいほど雑音指数は大きくなる。第2段目の増幅器の雑音指数は利得変化に伴い大きく変化する。

ところが、本構成例のように、光増幅器を多段継列接続し、第1段目の増幅器の利得、即ち、反転分布量を一定とすることにより、光増幅器全体の雑音指数をほぼ一定とすることができる。なぜなら、多段継列接続された光増幅器の全体の雑音指数は第1段目の増幅器の雑音指数ではほぼ一意に決まり、第2段以降の増幅器の雑音指数は、光増幅器全体の雑音指数にはほとんど寄与しないからである。

従って、本第3の実施例によれば、雑音指数が一定で、かつ、利得を外部信号により任意に変化させることができる光増幅器を実現することができる。

きる。

(発明の効果)

以上説明したように、請求項(1)によれば、励起光の入力に基づいて入力光を増幅する希土類元素添加光ファイバ増幅器を2個以上継列に多段接続し、かつ、各希土類元素添加光ファイバ増幅器間に信号光のみを通過させる光フィルタと、信号光に対して順方向通過の光アイソレータを配置したので、希土類元素添加光ファイバにおいて発生する増幅された不要な自然放出光等の影響を最小限に抑制することができる。このため、信号光に対する利得の飽和を減少させることができ、安定に60dB以上の利得を發揮し得る光増幅器を実現できる。

また、請求項(2)によれば、請求項(1)の効果に加えて、出力光強度の増加を図れる利点がある。

また、請求項(3)によれば、請求項(1)の効果に加えて、雑音特性を劣化させることなく利得を変化させながら安定な出力を得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

- 19 -

第1図は本発明に係る光増幅器の第1の実施例を示す構成図、第2図は従来例の課題の説明図、第3図は本発明に係る光増幅器の作用を説明するための図、第4図は本発明に係る光増幅器の第2の実施例を示す構成図、第5図は本発明に係る光増幅器の第3の実施例を示す構成図である。

図中、P S₁, P S₂, P S₃, P S₄…励起光源、C P₁, C P₂…合波器、C D…合分波器、I S₁₁~I S₁₃, I S₀₁~I S₀₃…光アイソレータ、F B…希土類元素添加光ファイバ、E F B₁, E F B₂, E F B₃…エルビウム(Er)添加光ファイバ、F L₁, F L₂…光バンドパスフィルタ、R C…光受信回路、F C…帰還回路。

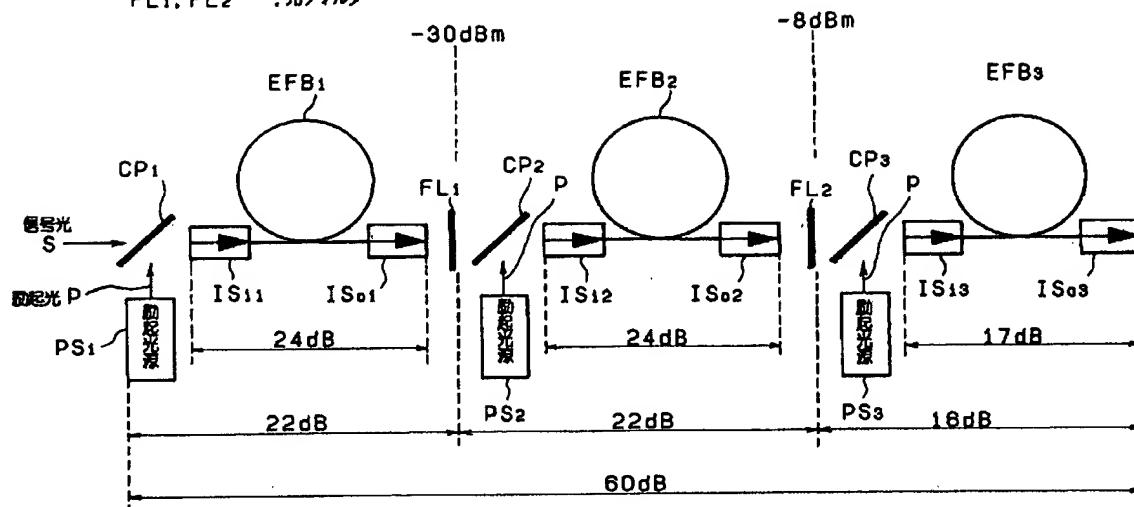
- 20 -

特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 弁理士 吉田精孝

- 21 -

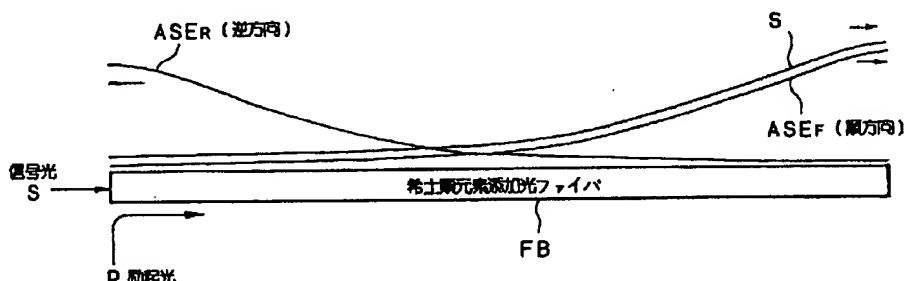
-206-

CP₁~CP₃ : 合波器
 EFB₁~EFB₃ : Er 添加光ファイバ
 IS₁₁~IS₁₃
 IS₀₁~IS₀₃ } 光アイソレータ
 FL₁, FL₂ : 光フィルタ



本発明の第1の実施例を示す構成図

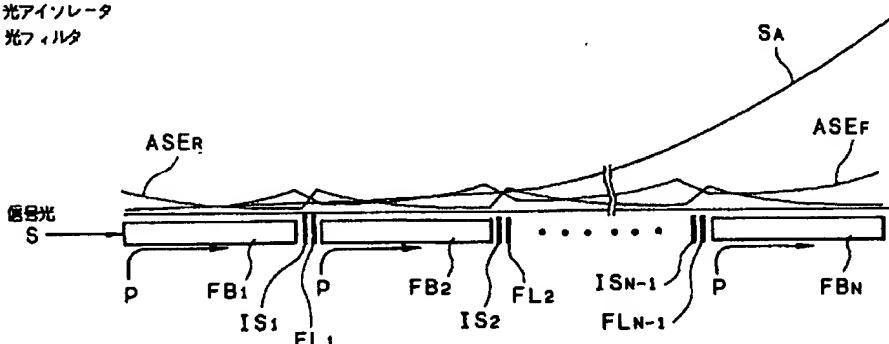
第1図



従来例の課題説明図

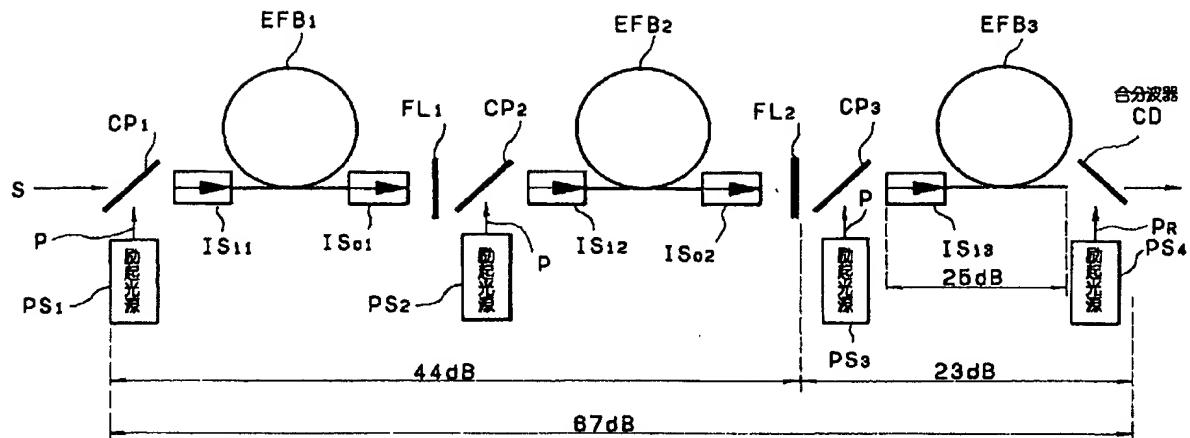
第2図

FB: 希土類元素添加光ファイバ
 IS: 光アイソレータ
 FL: 光フィルタ



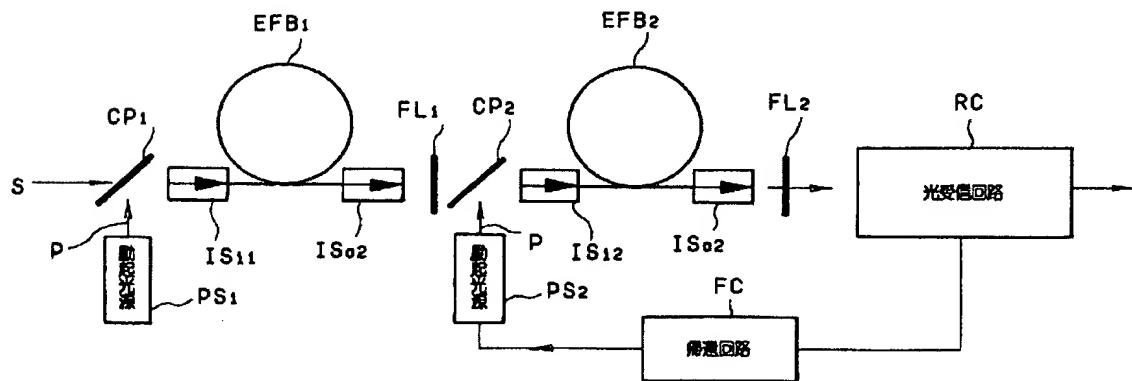
本発明の作用説明図

第3図



本発明の第2の実施例を示す構成図

第 4 図



本発明の第3の実施例を示す構成図

第 5 図